



#4

PATENT

ATTORNEY DOCKET NO.: 041514-5120

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

Ikuya KIKUCHI et al.

Application No.: 09/878,181

Filed: June 12, 2001

For: COMPLEX OBJECTIVE LENS AND  
METHOD FOR MANUFACTURING  
THE SAME AND OPTICAL PICKUP  
DEVICE AND OPTICAL RECORDING/  
REPRODUCING APPARATUS

Group Art Unit: 2651

Examiner: Unassigned

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

**CLAIM FOR PRIORITY**

Under the provisions of 35 U.S.C. §119, Applicants hereby claim the benefit of the filing date of **Japanese** Patent Application No. 2000-175230 filed June 12, 2000 for the above-identified United States Patent Application.

In support of Applicants' claim for priority, filed herewith is a certified copy of the Japanese application.

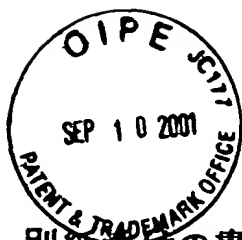
Respectfully submitted,

**MORGAN, LEWIS & BOCKIUS LLP**

  
\_\_\_\_\_  
John G. Smith Reg. No. 33,818

Dated: September 10, 2001

**MORGAN, LEWIS & BOCKIUS LLP**  
1800 M Street, N.W.  
Washington, D.C. 20036  
(202)467-7000



日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2000年 6月12日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2000-175230

出 願 人  
Applicant(s):

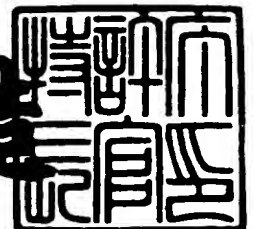
パイオニア株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2001年 3月16日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3018595

【書類名】 特許願

【整理番号】 54P0672

【提出日】 平成12年 6月12日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 7/135

【発明の名称】 組み合わせ対物レンズ、光ピックアップ装置、光学式記録再生装置及び組み合わせ対物レンズ製造方法

【請求項の数】 12

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県鶴ヶ島市富士見6丁目1番1号 パイオニア株式会社 総合研究所内

【氏名】 菊池 育也

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県鶴ヶ島市富士見6丁目1番1号 パイオニア株式会社 総合研究所内

【氏名】 小池 克宏

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県鶴ヶ島市富士見6丁目1番1号 パイオニア株式会社 総合研究所内

【氏名】 佐藤 充

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県鶴ヶ島市富士見6丁目1番1号 パイオニア株式会社 総合研究所内

【氏名】 前田 孝則

【特許出願人】

【識別番号】 000005016

【氏名又は名称】 パイオニア株式会社

【代理人】

【識別番号】 100079119

【弁理士】

【氏名又は名称】 藤村 元彦

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 016469

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9006557

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 組み合わせ対物レンズ、光ピックアップ装置、光学式記録再生装置及び組み合わせ対物レンズ製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 凸型非球面形状を有する組み合わせ対物レンズであって、  
凸型非球面形状を有する第 1 面及び前記第 1 面に対向する反対側の表面を有する第 1 光学要素と、

光が射出する射出面及び前記射出面に対向する反対側の表面を有する第 2 光学要素と、からなり、

前記第 1 光学要素の前記第 1 面に対向する反対側の表面と第 2 光学要素の前記射出面に対向する反対側の表面とが直接接触していることを特徴とする組み合わせ対物レンズ。

【請求項 2】 前記第 1 光学要素は前記第 2 光学要素の屈折率よりも大きい屈折率を有することを特徴とする請求項 1 項記載の組み合わせ対物レンズ。

【請求項 3】 凸型非球面形状を有する組み合わせ対物レンズであって、  
凸型非球面形状を有する第 1 面及び前記第 1 面に対向する反対側の表面を有する第 1 光学要素と、

光が射出する射出面及び前記射出面に対向する反対側の表面を有する第 2 光学要素と、

前記第 1 及び第 2 光学要素の前記第 1 面及び射出面に対向する表面同士の間 contacts 配置され前記第 1 及び第 2 光学要素を接合している中間膜と、からなることを特徴とする組み合わせ対物レンズ。

【請求項 4】 前記中間膜は前記第 2 光学要素の屈折率よりも大きい屈折率を有し、前記第 1 光学要素は前記中間膜の屈折率よりも大きい屈折率を有することを特徴とする請求項 3 項記載の組み合わせ対物レンズ。

【請求項 5】 前記第 1 光学要素の凸型非球面形状は、前記第 1 光学要素の体積と同一体積を有する球の半径以上でかつ第 1 光学要素及び第 2 光学要素の合計体積と同一体積を有する球の半径より小さい範囲の中心曲率半径を有することを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項記載の組み合わせ対物レンズ。

【請求項 6】 前記第 1 光学要素の凸型非球面形状の中心曲率半径  $r_A$  が式

:

【数 1】

$$\sqrt[3]{\frac{3}{4\pi}V1} \leq r_A < \sqrt[3]{\frac{3}{4\pi}(V1+V2)} \quad (1)$$

(式中、 $V1$  は前記第 1 光学要素の体積を、 $V2$  は第 2 光学要素の体積を示す) を満たすことを特徴とする請求項 1～4 のいずれか 1 項記載の組み合わせ対物レンズ。

【請求項 7】 前記第 1 及び第 2 光学要素はそれぞれガラス材料からなり、前記第 1 面及び射出面に対向する表面は互いに摺り合わせ研磨することによって作製されていることを特徴とする請求項 1～6 のいずれか 1 項記載の組み合わせ対物レンズ。

【請求項 8】 請求項 1～7 のいずれか 1 項記載の組み合わせ対物レンズを備えたことを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項 9】 請求項 8 項記載の光ピックアップ装置を備えたことを特徴とする光学式記録再生装置。

【請求項 10】 凸型非球面形状を有する組み合わせ対物レンズの製造方法であって、

凸型非球面形状を有する第 1 面及び前記第 1 面に対向する反対側の表面を有する第 1 光学要素、並びに、光が射出する射出面及び前記射出面に対向する反対側の表面を有する第 2 光学要素、を用意する工程と、

前記第 1 及び第 2 光学要素が前記第 1 面及び射出面に対向する表面同士にて直接接しつつ前記面同士を摺り合わせ研磨する工程と、

前記第 1 及び第 2 光学要素を接合する工程と、からなることを特徴とする製造方法。

【請求項 11】 前記研磨する工程は前記第 1 及び第 2 光学要素の厚さを監視し所定光学厚さに達した時点で研磨を停止する工程を含むことを特徴とする製造方法。

【請求項 12】 前記研磨する工程の後に、記第 1 及び第 2 光学要素を接合

する中間膜を、前記第 1 及び第 2 光学要素の前記第 1 面及び射出面に対向する表面同士の間には供給する工程を含むことを特徴とする製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光ディスク、光カードなどの光情報記録媒体から情報を記録再生する光学式記録再生装置における光ピックアップの光学系に関し、特に、その光学系の対物レンズに関する。

【0002】

【従来の技術】

光情報記録媒体として、DVD (Digital Versatile Disc) などの光ディスクが知られており、光ディスクの大容量化のため、高密度DVD (HD-DVD) システムの研究も同様に進められている。また、このような光ディスクなどにおける情報信号の高密度化、大容量化に対応するため、書き込み及び読み取りのための高性能な光ピックアップ装置や情報記録再生装置の研究開発が進められている。

【0003】

光情報記録媒体の高密度化に対応するために、光ピックアップに短波長の光ビームを用いるとともに、対物レンズの開口数 (NA) を大きくすることにより、照射スポット径を更に小さくすることが考えられている。HD-DVD 記録システムにおいて、高い開口数例えば 0.85 にもなるような対物レンズに、いわゆる 2 群レンズすなわち光軸の一致した少なくとも 2 枚の集光レンズを用いて集光力を分散することにより、良好な像高特性を得ることができる (特開平 10-255303)。

【0004】

例えば、従来の 2 群対物レンズは光源側から平行光が入射する第 1 レンズと、第 1 レンズを経た光束が透過して射出し光ディスクの記録面上に焦点を結ぶ第 2 レンズとからなる。入射側及び射出側の第 1 及び第 2 レンズの 2 枚に分けて対物レンズを構成する場合において、2 枚の集光レンズの位置合わせ精度を確保する

必要が生じてくる。位置合わせ精度はその回転中心軸のずれとして例えばマイクロメートル以下の精度が要求され、このような精度を実現するためには2枚のレンズを組み立てる際に個別に中心合わせの調整を行う必要がある。よって、2枚からなる対物レンズは高コストになってしまう。これは、調整工程が、レンズを組み立てる際に光を通してその絞られ具合を見ながら調整をするという煩雑な工程であるからである。

#### 【0005】

光ピックアップの光学系の対物レンズを製造する場合に、ガラス材料ブロックを球面に研磨して非球面形状を作製するという研磨手法に代わって、精密ガラスプレスによって球形にプリフォームされたガラス球すなわちプリフォーム球から非球面形状を作製するというガラスモールド手法がとられる。ガラスで非球面レンズを成形する際には、あらかじめ光学ガラスの1次加工いわゆるプリフォームを施したプリフォーム球を用意し、これに精密プレス成形を施す。球形が成型時の安定性及び特性に優れ、特に小径レンズではプリフォーム球を用いることが必要となる。

#### 【0006】

##### 【発明が解決しようとする課題】

2群レンズにおいて、射出側の第2レンズにより多くの集光力を配分することによって、2枚の対物レンズの中心ずれ許容量を大きくすることができ、中心合わせの精度を緩和することができる。特に、光が照射される光透過層の厚さを薄くした光ディスクに用いる場合、射出側の第2レンズの厚みが厚い2群レンズは良い特性が得られる。第2レンズにより多くの集光力を配分するためには、第2レンズに肉厚の厚いレンズが必要である。

#### 【0007】

しかしながら、ガラスプレス成形でこの肉厚の厚い第2レンズの形状を作製することが困難となる。すなわち、厚くて中心曲率半径の小さいレンズをガラスプレスで作製しようとする、大きい半径のガラスのプリフォーム球を金型に入れてプレスするので、成形時に金型との間に空隙ができてしまう。それゆえあまり厚いレンズを形成することができない。



## 【 0 0 0 8 】

高精度の厚いガラスレンズをプレス成型するためには、成型後のレンズの体積とプリフォーム球の体積はほぼ等しくなくてはならない。プリフォーム径  $R_f$  は成型後のレンズの曲率半径  $R$  より小さくする必要がある ( $R_f < R$ )。これは、 $R$  がプリフォーム径より小さいと、成型時に金型とプリフォーム球の間の空気がうまく抜けず、成型不良を起こすためである。

## 【 0 0 0 9 】

レンズとしての位置合わせ許容量は有効径にほぼ比例して増大するのに対し、実際の第2レンズ位置合わせ精度は機械的な絶対寸法によって決定されることから、位置合せ精度を許容できるように第2レンズの有効径を大きくすることが考えられる。しかしながらこのような構成はレンズ自体、光ピックアップを大きくし、高速移動する光ディスクのような記録媒体のトラックに光スポットを追従させることが困難となる。

## 【 0 0 1 0 】

このような理由により、高開口数の2枚対物レンズを実現するにあたっては、2枚の位置合わせを無調整とするような小径形状のガラスプレスレンズは安定して作製することが難しく、その組み立てにおいては、結局、一方のレンズを2軸で位置調整をしたり、偏心があるレンズを回転させるなどの方法による位置合わせ調整が必要である。或いは、位置合わせ精度を大きくとろうとすると像高がとれなくなり、実用的な性能を満足できないということになる。

## 【 0 0 1 1 】

また、高開口数の2枚対物レンズにおいてはレンズ厚み誤差に対する許容量が少なく、特に第2レンズの厚み誤差許容量はマイクロメートル程度と厳しい値が要求されるため、ガラスプレスを行なう場合の条件が厳しく、さらに、金型の摩耗の許容幅が小さいことから一つの金型を使って打てるレンズの最大数が少なくなるという問題点があり、光ディスク装置のような大量に生産を行う機器に用いるには問題であった。

## 【 0 0 1 2 】

このように、第2レンズの入射面の中心曲率半径よりもプリフォーム径を大き

くとれないという制限から第 2 レンズの体積が制限され、集光力をもった厚いレンズを構成することができない。その結果、第 1 レンズにも集光力を割振る構成となってレンズ間隔誤差の許容量が大きくとれず、無調整組立を行なうことができない設計となっている。

【 0 0 1 3 】

本発明は、かかる問題に鑑みなされたものであり、本発明の目的は無調整組み立てが可能な形状の高開口数対物レンズを実現できる形状の非球面レンズを提供することにある。

【 0 0 1 4 】

【課題を解決するための手段】

本発明の凸型非球面形状を有する組み合わせ対物レンズは、

凸型非球面形状を有する第 1 面及び前記第 1 面に対向する反対側の表面を有する第 1 光学要素と、

光が射出する射出面及び前記射出面に対向する反対側の表面を有する第 2 光学要素と、からなり、

前記第 1 光学要素の前記第 1 面に対向する反対側の表面と第 2 光学要素の前記射出面に対向する反対側の表面とが直接接触していることを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

本発明の組み合わせ対物レンズにおいては、前記第 1 光学要素は前記第 2 光学要素の屈折率よりも大きい屈折率を有することを特徴とする。

また、本発明の対物レンズは、凸型非球面形状を有する組み合わせ対物レンズであって、

凸型非球面形状を有する第 1 面及び前記第 1 面に対向する反対側の表面を有する第 1 光学要素と、

光が射出する射出面及び前記射出面に対向する反対側の表面を有する第 2 光学要素と、

前記第 1 及び第 2 光学要素の前記第 1 面及び射出面に対向する表面同士の間接触配置され前記第 1 及び第 2 光学要素を接合している中間膜と、からなることを特徴とする。

## 【 0 0 1 6 】

本発明の組み合わせ対物レンズにおいては、前記中間膜は前記第 2 光学要素の屈折率よりも大きい屈折率を有し、前記第 1 光学要素は前記中間膜の屈折率よりも大きい屈折率を有することを特徴とする。

本発明の組み合わせ対物レンズにおいては、前記第 1 光学要素の凸型非球面形状は、前記第 1 光学要素の体積と同一体積を有する球の半径以上でかつ第 1 光学要素及び第 2 光学要素の合計体積と同一体積を有する球の半径より小さい範囲の中心曲率半径を有することを特徴とする。

## 【 0 0 1 7 】

本発明の組み合わせ対物レンズにおいては、前記第 1 光学要素の凸型非球面形状の中心曲率半径  $r_A$  が式：

## 【 0 0 1 8 】

【数 2】

$$\sqrt[3]{\frac{3}{4\pi}V1} \leq r_A < \sqrt[3]{\frac{3}{4\pi}(V1+V2)} \quad (1)$$

(式中、 $V1$  は前記第 1 光学要素の体積を、 $V2$  は第 2 光学要素の体積を示す)を満たすことを特徴とする。

本発明の組み合わせ対物レンズにおいては、前記第 1 及び第 2 光学要素はそれぞれガラス材料からなり、前記第 1 面及び射出面に対向する表面は互いに摺り合わせ研磨することによって作製されていることを特徴とする。

## 【 0 0 1 9 】

本発明の対物レンズ製造方法は、凸型非球面形状を有する組み合わせ対物レンズの製造方法であって、

凸型非球面形状を有する第 1 面及び前記第 1 面に対向する反対側の表面を有する第 1 光学要素、並びに、光が射出する射出面及び前記射出面に対向する反対側の表面を有する第 2 光学要素、を用意する工程と、

前記第 1 及び第 2 光学要素が前記第 1 面及び射出面に対向する表面同士にて直接接触しつつ前記面同士を摺り合わせ研磨する工程と、

前記第 1 及び第 2 光学要素を接合する工程と、からなることを特徴とする。

## 【 0 0 2 0 】

本発明の組み合わせ対物レンズ製造方法においては、前記研磨する工程は前記第 1 及び第 2 光学要素の厚さを監視し所定光学厚さに達した時点で研磨を停止する工程を含むことを特徴とする。

本発明の組み合わせ対物レンズ製造方法においては、前記研磨する工程の後に、記第 1 及び第 2 光学要素を接合する中間膜を、前記第 1 及び第 2 光学要素の前記第 1 面及び射出面に対向する表面同士の間には供給する工程を含むことを特徴とする。

## 【 0 0 2 1 】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を添付図面に基づいて説明する。

## &lt;光ピックアップ&gt;

図 1 は実施の 1 形態の光ピックアップ装置を備えた光学式記録再生装置の概略を示す。光ピックアップは、波長が 4 0 0 n m ~ 4 1 0 n m 好ましくは 4 0 5 n m 付近の短波長の青を射出する半導体レーザ L D 1 を備えている。

## 【 0 0 2 2 】

また光ピックアップは、偏光ビームスプリッタ 1 3、コリメータレンズ 1 4、1 / 4 波長板 1 5 及び 2 群対物レンズユニット 1 6 を備えている。以上の光照射光学系によって、半導体レーザ L D 1 からのレーザビームは、偏光ビームスプリッタ 1 3 を経て、コリメータレンズ 1 4 で平行光ビームにされ、1 / 4 波長板 1 5 を透過して、対物レンズユニット 1 6 によって、その焦点付近に置かれている光ディスク 5 に向けて集光され、光ディスク 5 の情報記録面のピット列上で光スポットを形成する。

## 【 0 0 2 3 】

以上の光照射光学系に加えて、光ピックアップはさらに検出レンズ 1 7 など光検出光学系を有しており、対物レンズユニット 1 6、1 / 4 波長板 1 5 及び偏光ビームスプリッタ 1 3 は光検出光学系にも利用されている。光ディスク 5 からの反射光は、対物レンズユニット 1 6 で集められ 1 / 4 波長板 1 5 を介して偏光ビームスプリッタ 1 3 によって検出用集光レンズ 1 7 に向けられる。検出レンズ 1

7で集光された集束光は、例えば、シリンドリカルレンズ、マルチレンズなどの非点収差発生素子（図示せず）を通過して、光検出器の受光面19中心付近に光スポットを形成する。

#### 【0024】

また、光検出器の受光面19は復調回路30及びエラー検出回路31に接続されている。エラー検出回路31は対物レンズユニットのトラッキング制御及びフォーカス制御用のアクチュエータ26を含む機構を駆動する駆動回路33に接続されている。

光検出器は、その受光面19中心付近に結像された光スポット像に応じた電気信号を復調回路30及びエラー検出回路31に供給する。復調回路30は、その電気信号に基づいて記録信号を生成する。エラー検出回路31は、その電気信号に基づいてフォーカスエラー信号や、トラッキングエラー信号や、その他サーボ信号などを生成し、アクチュエータの駆動回路33を介して各駆動信号を各アクチュエータに供給し、これらが各駆動信号に応じて対物レンズユニット16などをサーボ制御駆動する。

#### 【0025】

本発明の光ピックアップの2群対物レンズユニット16は、図1に示すように、光ビームを記録面へ集光する集光レンズ（第2レンズ）16aと、光源側の集光レンズの第1レンズ16bと、を組み合わせた複合対物レンズの組立体である。集光レンズ16a及び第1レンズ16bは、ホルダ16cによって光軸に同軸に配置される。

#### <第1実施例>

第1実施例による組み合わせ対物レンズである第2レンズ16aの構成を図2に示す。図においては、組み合わせ対物レンズは、その光源側（入射側）の非球面20に対向する光ディスク側の面21の形状を平面とし、さらに、このレンズを、平面22によって、平行平板部分23すなわち第2光学要素と非球面部分24すなわち第1光学要素に分割して作製した上でこの面を直接接触させて構成する。このように、組み合わせ対物レンズは、凸型非球面形状を有する入射側の第1面及び第1面に対向する反対側の平面を有する第1光学要素24と、光が射出

する射出面及び射出面に平行な平面である射出面に対向する面を有する第 2 光学要素 2 3 と、からなり、第 1 及び第 2 光学要素 2 4、2 3 が第 1 面及び射出面に対向する反対面側表面同士にて直接接触している。平行平板部分 2 3 と非球面部分 2 4 を接触させるには例えば図 3 に示すような鏡筒構造すなわちホルダ 1 6 c を用いて平行平板部分 2 3 と非球面部分 2 4 を共に押さえつけることで実現できる。

## 【 0 0 2 6 】

また、組み合わせ対物レンズの製造時、それぞれの光学要素の平面を摺り合わせ研磨することによって 2 つの平面を密着させることができ、また、光学要素の厚さを監視しながら摺り合わせを行い、所定光学厚さに達した時点で研磨を停止すれば、金型の摩耗によって非球面部分の厚さがずれてきた場合にも適正な厚さに調整を行うことができる。

## 【 0 0 2 7 】

得られる非球面部分 2 4 の第 1 光学要素の第 1 面の凸型非球面が第 1 光学要素の体積と同一体積を有する球の半径以上でかつ第 1 光学要素及び第 2 光学要素 2 4、2 3 の合計体積と同一体積を有する球の半径より小さい範囲の中心曲率半径を有するようにすれば、非球面部分 2 4 は、その体積が非球面 2 0 の中心曲率半径より小さいプリフォーム球を用いて形成できるように選ぶことができる。すなわち、組み合わせ対物レンズは、第 1 光学要素の第 1 面の凸型非球面の中心曲率半径  $r_A$  が式：

## 【 0 0 2 8 】

## 【数 3】

$$\sqrt[3]{\frac{3}{4\pi}V1} \leq r_A < \sqrt[3]{\frac{3}{4\pi}(V1+V2)} \quad (1)$$

(式中、 $V1$  は第 1 光学要素の体積を、 $V2$  は第 2 光学要素の体積を示す) を満たすように製造される。

すなわち、第 1 光学要素の体積を満たすプリフォーム球の径より中心曲率半径を大きくとるという条件から (1) 式の左辺の条件が決定され、平板部分を含めたこの 1 群の対物レンズを形成する体積より小さいプリフォーム球を用意して、

調整不要な厚い 1 群のレンズを構成するのに、分割によって成形可能な体積の条件を満たすという条件から (1) 式の右辺の条件が決定される。

#### <第 2 実施例>

さらに、第 2 実施例では第 1 実施例に加え非球面部分と平行部分の材料を、非球面部分の屈折率を平行平板部分の屈折率より大きくなるように組み合わせ対物レンズの材料を選ぶ。このような材料の選択を行うことにより、非球面部分から平行平板部分に光束が進むとき、周縁光束は光を収束させる方向へと屈折し、その結果として非球面部分で発生させる集光力が少なくてすむことから、第 1 レンズと第 2 レンズの中心ずれ許容幅がさらに増大する。

【 0 0 2 9 】

#### <第 3 実施例>

本発明の第 3 実施例の組み合わせ対物レンズにおいては、第 1 実施例と同様に平行平板部分と非球面部分に分割を行うが、さらにこの間に中間膜を配置する。この中間膜は例えば紫外線硬化型の接着剤層でこの 2 つの部分の固定するものである。また、或いは、中間膜は界面での反射を防止するための誘電体多層膜で構成される。このように構成することで、鏡筒構造を用いずとも 2 つの部分を固着することができ、或いは境界面での反射による迷光の影響を低減することができる。図 4 において、組み合わせ対物レンズ (第 2 レンズ) の光源側非球面 4 0 に対向する光ディスク側の面 4 1 の形状を平面とし、さらに、このレンズを平面 4 2 によって平行平板部分 4 3 と非球面部分 4 4 に分割して作製した上でこれらの面が中間膜 4 5 を介して接触するように構成する。

#### <第 4 実施例>

さらに、第 4 実施例では第 3 実施例の組み合わせ対物レンズに加え、非球面部分、中間膜及び平行平板部分の材料を、非球面部分、中間膜、平行平板部分の屈折率がそれぞれにこの順に大きいように光学材料を選ぶ。このような材料の選択を行うことにより、非球面部分から平行平板部分に光束が進むとき、周縁光束は光を収束させる方向へと屈折し、その結果として非球面部分で発生させる集光力が少なくてすむことから、第 1 レンズと第 2 レンズの中心ずれ許容幅がさらに増大する。

## ＜第 1 具体例＞

本発明の第 1 実施例の組み合わせ対物レンズを具体的に示す。なお、ここで使用する光源の波長は 430 nm である。プリフォーム球の体積は 11.5 mm<sup>3</sup> であり、プリフォーム径は 1.4 mm であり、近軸曲率半径は 1.44 mm である。ここで、非球面形状は光軸からの距離を  $r$  とし、光軸からの距離  $r$  の非球面上の点の非球面頂点の光軸に垂直な接平面からの距離を  $Z$  とすると、非球面の近軸曲率半径  $R$ 、円錐係数  $CC$  並びに第 4 次、6 次、8 次、10 次及び 12 次の各非球面係数  $A_4$ 、 $A_6$ 、 $A_8$ 、 $A_{10}$ 、 $A_{12}$  を用いて次式によって決められるものである。

【0030】

【数 4】

$$Z = \frac{\left(\frac{r^2}{R}\right)}{1 + \sqrt{1 - (CC + 1)\left(\frac{r}{R}\right)^2}} + A_4 r^4 + A_6 r^6 + A_8 r^8 + A_{10} r^{10} + A_{12} r^{12}$$

自動設計された各非球面レンズのデータは表 1 及び表 2 のとおりである。

【0031】

【表 1】

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	媒 体
1	3.36715	1.20000	1.50497	FCD1
2	11.89681	0.20000	1.00000	Air
3	1.44327	1.70000	1.76334	M-NBF1
4	0.00000	0.60000	1.76334	M-NBF1
5	0.00000	0.14870	1.00000	Air
6	0.00000	0.10000	1.61169	carbo

【0032】



【表 2】

		第1面	第2面	第3面
円錐係数	CC	-4.01809E-01	-1.20441E+01	-7.47256E-01
非球面係数	A4	1.14010E-03	9.98225E-04	2.15649E-02
	A6	-1.16805E-03	2.26861E-04	9.90298E-03
	A8	5.38134E-04	-5.58739E-04	-5.70829E-03
	A10	-1.26049E-04	3.28266E-04	4.99603E-03
	A12	1.48052E-06	-7.12834E-05	-1.48783E-03

図 5 に、得られた対物レンズユニットのレンズ間隔誤差に対する波面収差の変化を示す。図において横軸に第 1 及び第 2 レンズの軸上の間隔誤差 (mm)、縦軸に光軸上での波面収差量 (rms ( $\lambda$ )) をとった波長依存性を示す。図示するように対物レンズユニットの波面収差は  $\pm 0.1$  mm 内でマレシャル限界  $0.07\lambda$  以下に抑えられている。

## 【0033】

図 6 に、得られた対物レンズユニットのレンズ偏心に対する波面収差の変化を示す。図において横軸に第 1 及び第 2 レンズの両軸間距離 (mm)、縦軸に波面収差量 (rms ( $\lambda$ )) をとったグラフである。図示するように対物レンズユニットの波面収差は偏心約  $0.05$  mm までマレシャル限界  $0.07\lambda$  以下の  $0.01\lambda$  に抑えられている。

## 【0034】

さらに、比較例として図 7 に示す従来の高開口数の 2 群対物レンズの一例を以下に示す。図 7 において 11 は光源側から例えば平行光が入射する第 1 レンズであり、12 は第 1 レンズを経た光束が射出して、光ディスク 5 の所定厚さの透過層を通して記録面上に焦点を結ぶ第 2 レンズである。プリフォーム球の体積は  $13.0\text{ mm}^3$  であり、プリフォーム径は  $1.46\text{ mm}$  であり、近軸曲率半径は  $150\text{ mm}$  である。なお、ここで使用する光源の波長及び非球面形状は第 1 実施例と同様である。

## 【0035】

自動設計された比較例の各非球面レンズのデータは表 3 及び表 4 のとおりであ

る。

【 0 0 3 6 】

【表 3】

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	媒 体
1	1.74896	1.50000	1.50497	FCD1
2	6.02660	0.20000	1.00000	Air
3	1.50487	1.70000	1.76334	M-NBF1
4	0.00000	0.14895	1.00000	Air
5	0.00000	0.10000	1.61169	carbo

【 0 0 3 7 】

【表 4】

		第1面	第2面	第3面
円錐係数	CC	6.97408E-01	7.32761E-08	-2.13938E-01
非球面係数	A4	1.12304E-03	-4.02404E-03	1.10512E-02
	A6	4.52094E-03	2.70678E-03	-2.28497E-02
	A8	-3.88072E-03	-3.38048E-03	-3.99552E-02
	A10	1.55528E-03	1.77530E-03	-3.44671E-02
	A12	-2.60168E-04	-3.66095E-04	9.19274E-03

図 8 に、得られた対物レンズユニットのレンズ間隔誤差に対する波面収差の変化を示す。図において横軸に第 1 及び第 2 レンズの軸上の間隔誤差 (mm)、縦軸に光軸上での波面収差量 (rms (λ)) をとった波長依存性を示す。この比較例では、図示するようにマレシャル限界 0. 0 7 λ 以下に抑えられているレンズ間隔誤差範囲が実施例よりも狭い。

【 0 0 3 8 】

図 9 に、得られた対物レンズユニットのレンズ偏心に対する波面収差の変化を示す。図において横軸に第 1 及び第 2 レンズの両軸間距離 (mm)、縦軸に波面収差量 (rms (λ)) をとったグラフである。この比較例では、図示するように対物レンズユニットの波面収差が偏心約 0. 0 5 mm にて実施例よりも上昇して

いる。

【 0 0 3 9 】

このように、本発明によって平板部分を含めた第2レンズ体積に対するプリフォーム径を近軸曲率半径より小さくとることができ、その結果、像高などの基本性能を満足しながら第1レンズと第2レンズの中心位置ずれの許容量を拡大する設計を行うことができる。また、レンズ間の距離に対する許容誤差も拡大される。

<第2具体例>

本発明の第2実施例を具体的に示す。なお、ここで使用するは430nmである。プリフォーム球の体積は11.0mm<sup>3</sup>であり、プリフォーム径は1.38mmであり、近軸曲率半径は1.42mmである。平板部分を含めた第2レンズ体積は16.5mm<sup>3</sup>で、平板部分を含めた第2レンズ体積に対するプリフォーム径は1.58mmである。ここで、光源の波長及び非球面形状は第1実施例の具体例と同一である。

【 0 0 4 0 】

自動設計された各非球面レンズのデータは表5及び表6のとおりである。

【 0 0 4 1 】

【表5】

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	媒 体
1	4.38693	1.20000	1.50497	FCD1
2	15.85658	0.20000	1.00000	Air
3	1.41642	1.70000	1.76334	M-NBF1
4	0.00000	0.60000	1.50497	FCD1
5	0.00000	0.14870	1.00000	Air
6	0.00000	0.10000	1.61169	carbo

【 0 0 4 2 】

【表 6】

		第 1 面	第 2 面	第 3 面
円錐係数	CC	-6.81893E-01	-1.05401E-03	-7.56970E-03
非球面係数	A4	2.09140E-03	5.63537E-04	2.07059E-02
	A6	-1.63402E-03	-4.85518E-04	8.83954E-03
	A8	9.85856E-04	1.87718E-04	-4.80545E-03
	A10	-3.06757E-04	-1.46173E-04	3.96230E-03
	A12	3.10621E-06	-9.56550E-05	-1.08595E-03

図 1 0 に、得られた対物レンズユニットのレンズ間隔誤差に対する波面収差の変化を示す。図において横軸に第 1 及び第 2 レンズの軸上の間隔誤差 (mm)、縦軸に光軸上での波面収差量 (rms ( $\lambda$ )) をとった波長依存性を示す。図示するように対物レンズユニットの波面収差は第 1 実施例よりも広い範囲でマレシャル限界  $0.07\lambda$  以下に抑えられている。

## 【0043】

図 1 1 に、得られた対物レンズユニットのレンズ偏心に対する波面収差の変化を示す。図において横軸に第 1 及び第 2 レンズの両軸間距離 (mm)、縦軸に波面収差量 (rms ( $\lambda$ )) をとったグラフである。図示するように対物レンズユニットの波面収差は第 1 実施例同様に偏心約  $0.05\text{ mm}$  までマレシャル限界  $0.07\lambda$  以下の  $0.01\lambda$  に抑えられている。

## 【0044】

第 2 実施例においても平板部分を含めた第 2 レンズ体積に対するプリフォーム径を近軸曲率半径より小さくとり、その結果、像高などの基本性能を満足しながらレンズ中心位置ずれの許容量を拡大する設計を行っているが、さらに本実施例では非球面部分の屈折率を平板部分の屈折率より大きくとっているのもので、さらに第 1 レンズと第 2 レンズの中心位置ずれ及び間隔の許容量を拡大することができる。

## 【0045】

## 【発明の効果】

以上のように本発明による組み合わせ対物レンズを用いれば近軸曲率半径が小

さく、かつ厚さのある非球面ガラスレンズを構成することが可能になり、位置ずれに強く像高特性の良好な高開口数対物レンズを構成することが可能になる。さらに、本発明によれば、射出側の対物レンズすなわち第 2 レンズを非球面部と平面部に分割して構成することにより、非球面部自体すなわち第 1 光学要素は薄くでき、全体として望ましい曲率半径を有する対物レンズを作製できて組み立て時に調整が不要な組み合わせ対物レンズを実現できると共に、平行平板すなわち第 2 光学要素の厚みを選ぶことによって、非球面の組み合わせ対物レンズの厚み誤差の許容幅も拡大できるため、レンズを量産する場合の金型寿命を長くすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明による光ピックアップ内部の概略構成図である。

【図 2】

本発明の実施例による光ピックアップにおける対物レンズユニットの要部の部分断面図である。

【図 3】

本発明による光ピックアップにおける対物レンズユニットの部分断面図である。

【図 4】

本発明の他の実施例による光ピックアップにおける対物レンズユニットの要部の部分断面図である。

【図 5】

本発明の実施例による光ピックアップにおける対物レンズユニットのレンズ間隔誤差と回折効率との関係を示すグラフである。

【図 6】

本発明の実施例による光ピックアップにおける対物レンズユニットのレンズ偏心と回折効率との関係を示すグラフである。

【図 7】

比較例の光ピックアップにおける対物レンズユニットの要部の部分断面図であ

る。

【図 8】

比較例の光ピックアップにおける対物レンズユニットのレンズ間隔誤差と回折効率との関係を示すグラフである。

【図 9】

比較例の光ピックアップにおける対物レンズユニットのレンズ偏心と回折効率との関係を示すグラフである。

【図 1 0】

本発明の他の実施例による光ピックアップにおける対物レンズユニットのレンズ間隔誤差と回折効率との関係を示すグラフである。

【図 1 1】

本発明の他の実施例による光ピックアップにおける対物レンズユニットのレンズ偏心と回折効率との関係を示すグラフである。

【符号の説明】

- 1 光ピックアップ
- 5 光ディスク
- 1 3 偏光ビームスプリッタ
- 1 4 コリメータレンズ
- 1 5 1/4 波長板
- 1 6 2 群対物レンズユニット
- 1 6 a 集光レンズ (第 2 レンズ)
- 1 6 b 第 1 レンズ
- 1 6 c ホルダ
- 1 9 光検出部受光面
- 2 3、4 3 平行平板部分 (第 2 光学要素)
- 2 4、4 4 非球面部分 (第 1 光学要素)
- 2 6 アクチュエータ
- 3 0 復調回路
- 3 1 エラー検出回路

3 3 駆動回路

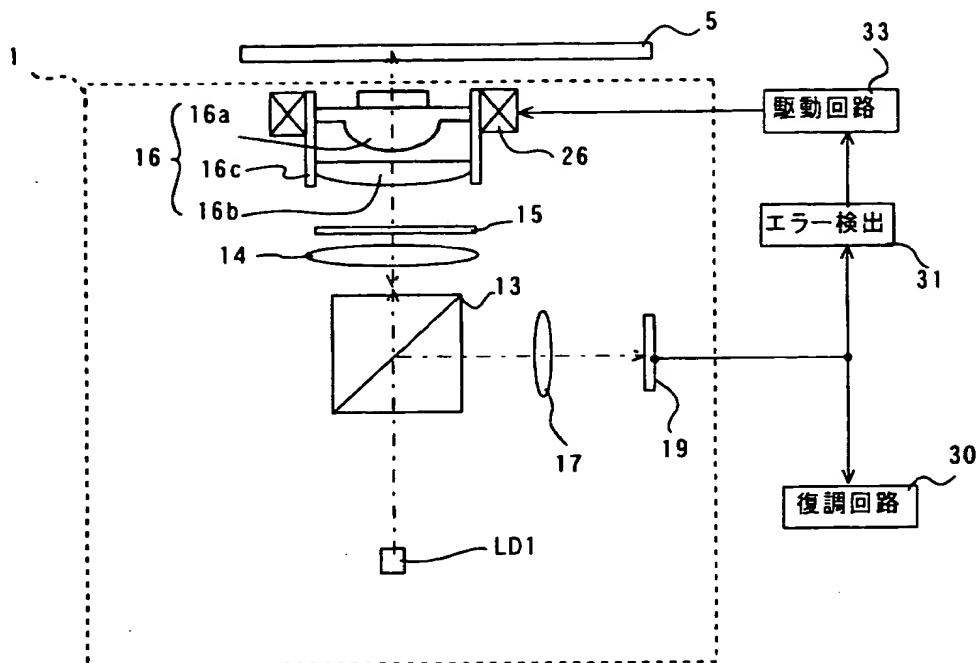
4 5 中間膜

L D 1 半導体レーザ

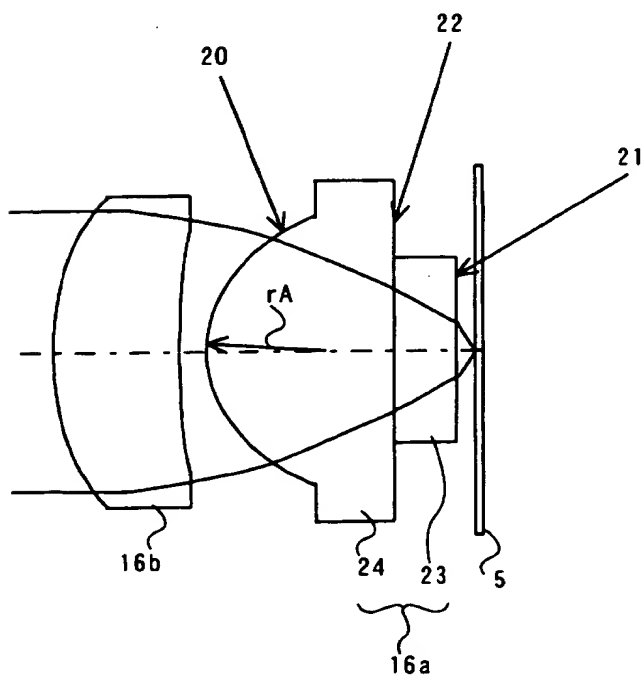
【書類名】

図面

【図 1】

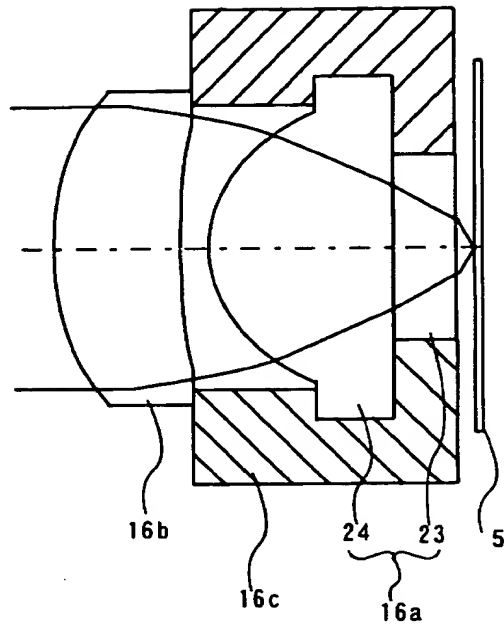


【図 2】

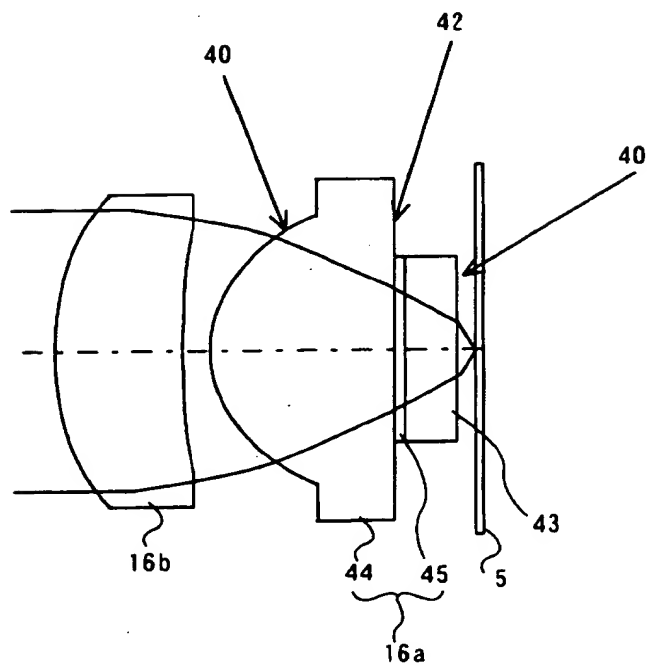




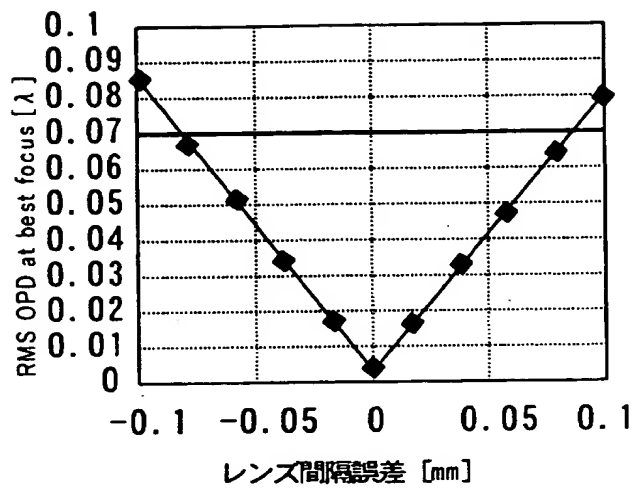
【図 3】



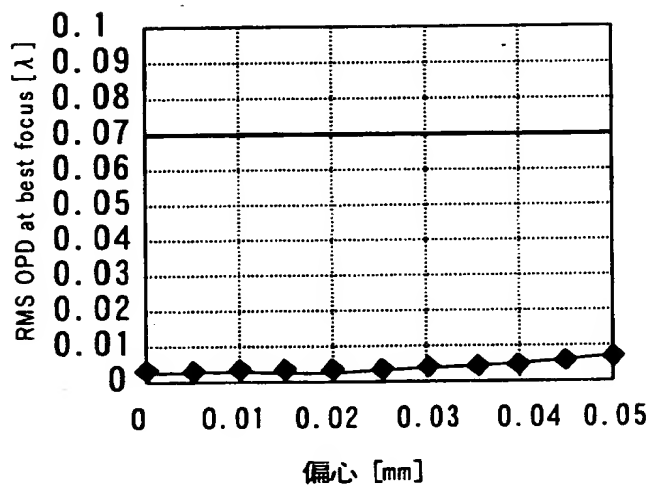
【図 4】



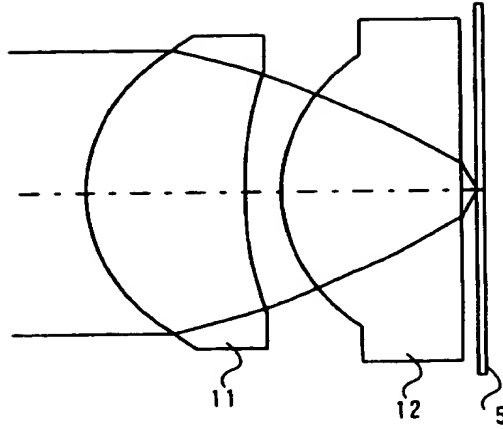
【図 5】



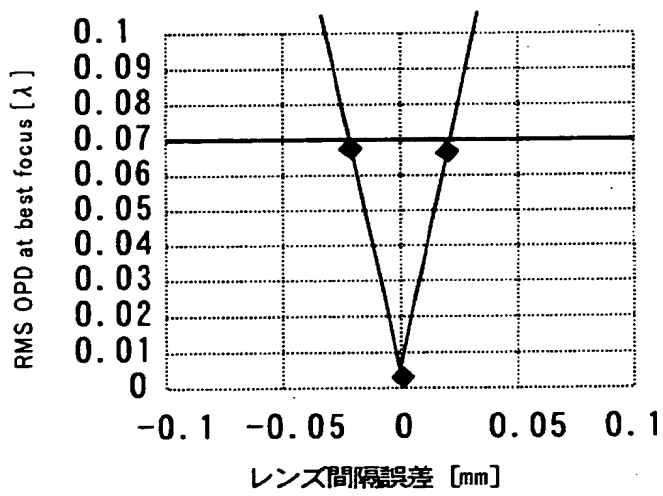
【図 6】



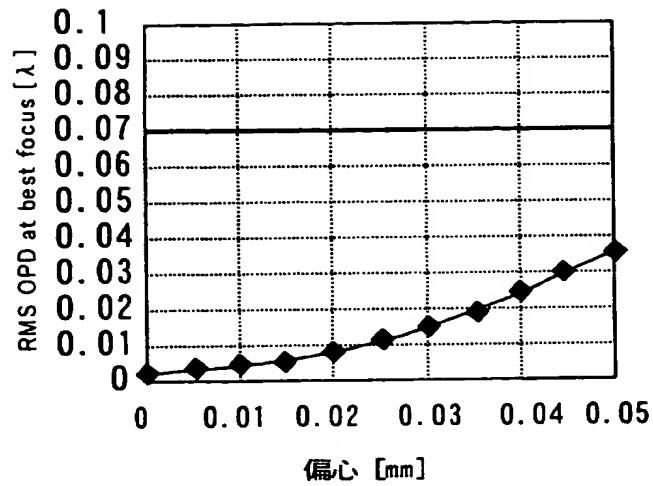
【図 7】



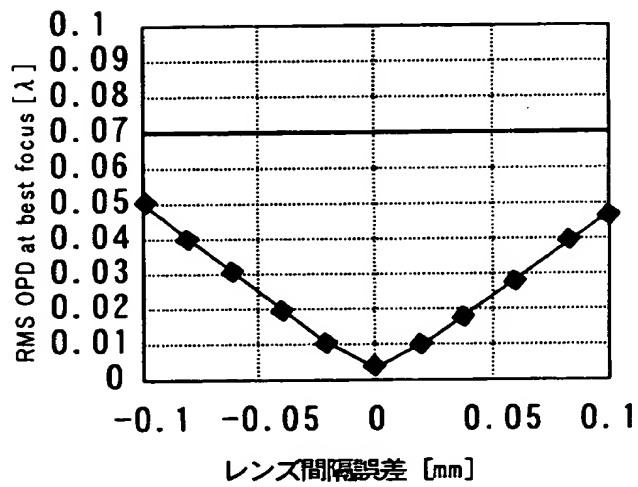
【図 8】



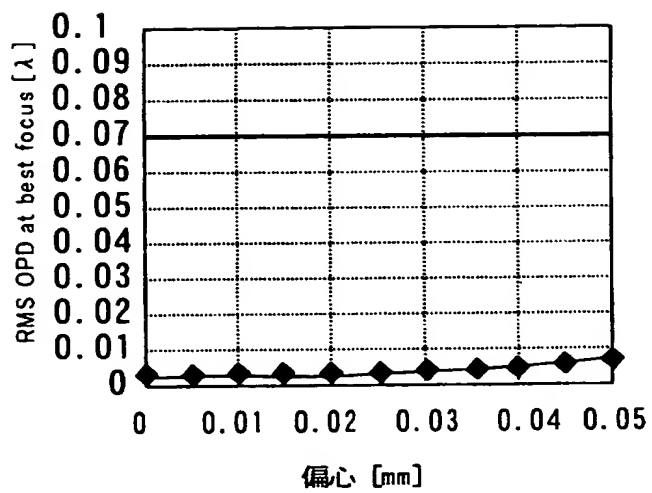
【図 9】



【図 1 0】



【図 1 1】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 少なくとも2枚以上のレンズからなる対物レンズユニットに用いられる組み合わせ対物レンズを提供する。

【解決手段】 対物レンズは、凸型非球面形状を有する組み合わせ対物レンズであって、凸型非球面形状を有する第1面及び第1面に対向する反対側の表面を有する第1光学要素と、光が射出する射出面及び射出面に対向する反対側の表面を有する第2光学要素と、からなり、第1光学要素の第1面に対向する反対側の表面と第2光学要素の射出面に対向する反対側の表面とが直接接触している。

【選択図】 図2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005016]

1. 変更年月日	1990年 8月31日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都目黒区目黒1丁目4番1号
氏 名	パイオニア株式会社